

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



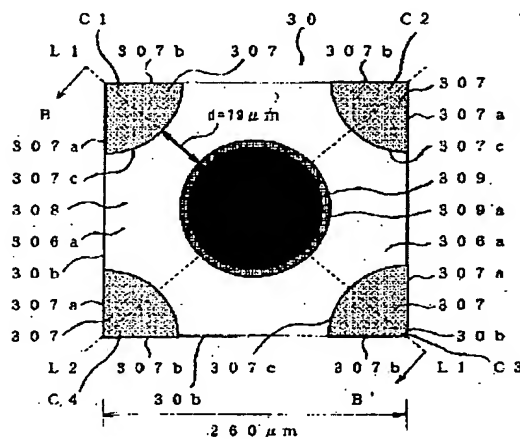
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001168395 A**(43) Date of publication of application: **22.06.01**(51) Int. Cl. **H01L 33/00**(21) Application number: **11349627**(22) Date of filing: **09.12.99**(71) Applicant: **SHOWA DENKO KK**(72) Inventor:
TAKEUCHI RYOICHI
NABEKURA WATARU
HOSHINA KOJI
UDAGAWA TAKASHI**(54) III-V COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT
EMITTING DIODE****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a III-V compound semiconductor LED having excellent uniformity of light emitting intensity and high light emitting intensity by sufficiently uniformly diffusing an operating current supplied from a pedestal electrode to an open light emitting region in the LED having a conductive transparent oxide layer as a window layer on a III-V compound semiconductor layer.

SOLUTION: A plurality of ohmic electrodes are provided between a conductive oxide window layer and a light emitting unit, and the electrodes are installed so that the ohmic electrodes are disposed at an equal distance from a pedestal electrode at opposed corners of a light emitting surface. The total bottom area of the ohmic electrodes is a bottom area of the pedestal electrode or less, and further set to a range of 2 to 20% of the area of the light emitting open area.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



(11)特許出願公開番号

特開2001-168395

(P2001-168395A)

(43)公開日 平成13年6月22日(2001.6.22)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テーマコード* (参考)

H01L 33/00

H O 1 L 33/00

E 5 F 0 4 1

B

C

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-349627

(22) 出願日 平成11年12月 9 日(1999. 12. 9)

(71)出願人 000002004

昭和電工株式会社

東京都港区芝大門1丁目13番9号

(72)発明者 竹内 良一

埼玉県秩父市下影森1505番地 昭和電工株
式会社秩父工場内

(72)發明者 鍋倉 瓦

埼玉県秩父市下影森1505番地 昭和電工株
式会社秩父工場内

(74) 代理人 100094237

弁理士 矢口 平

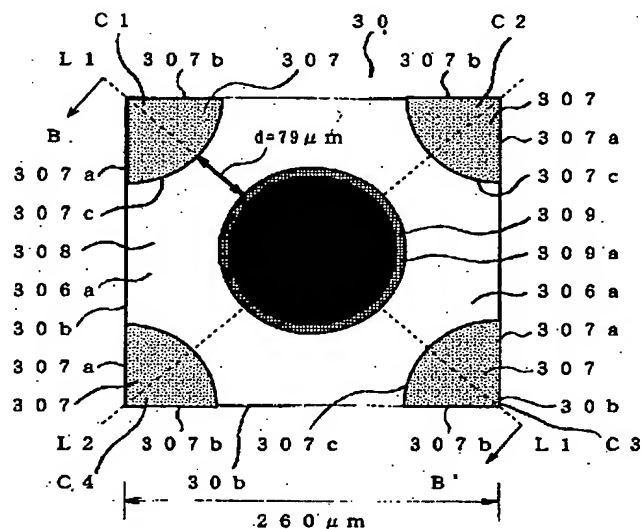
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 III-V 族化合物半導体発光ダイオード

(57) 【要約】

【課題】導電性透明酸化物層を窓層としてⅢⅤ族化合物半導体層上に設けてなるⅢⅤ族化合物半導体LEDにおいて、台座電極より供給される動作電流を開放発光領域に十分に均一に拡散させ、発光強度の均一性に優れ、且つ高発光強度のLEDを提供する。

【解決手段】導電性酸化物窓層と発光部との間に、複数のオーミック電極を設け、該オーミック電極を発光面の対角部に、台座電極から等距離となるように設置する。オーミック電極の合計の底面積を、台座電極の底面積以下とし、更に、発光開放領域の面積の、2～20%の範囲内とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 I I I - V 族化合物半導体層からなる発光部、酸化物からなる窓層、結線用台座電極を備えた I I I - V 族化合物半導体発光ダイオードにおいて、上記発光部と窓層との間に、窓層と接した複数個のオーミック電極を有し、該オーミック電極が発光平面の相対する角部に設置されていることを特徴とする I I I - V 族化合物半導体発光ダイオード。

【請求項2】 オーミック電極が、発光平面の稜線に接して設けられていることを特徴とする請求項1に記載の I I I - V 族化合物半導体発光ダイオード。

【請求項3】 各オーミック電極が、台座電極の外端部からの水平距離を等しくして配置されていることを特徴とする請求項1または2に記載の I I I - V 族化合物半導体発光ダイオード。

【請求項4】 オーミック電極の合計の底面積が、台座電極の底面積以下であることを特徴とする請求項1～3の何れか1項に記載の I I I - V 族化合物半導体発光ダイオード。

【請求項5】 オーミック電極の合計の底面積が、発光開放領域の面積の、2～20%の範囲内であることを特徴とする請求項1～4の何れか1項に記載の I I I - V 族化合物半導体発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、発光ダイオード駆動電流を発光領域に広範に拡散する様配置されたオーミック電極を有す高輝度の I I I - V 族化合物半導体発光ダイオードに関する。

【0002】

【従来の技術】 酸化インジウム・錫（英略称：ITO）などの導電性酸化物材料からなる窓層を備えた I I I - V 族化合物半導体発光ダイオード（LED）にあって、LED駆動電流は窓層の上表面に唯一、配置された台座（pad）電極から供給される構造となっている。しかし、窓層を構成する酸化物層とLEDを構成する I I I - V 族化合物半導体層とを直接、接合させる構成とすると高い接合障壁が形成され、駆動電流を発光部に広範に拡散できない。従って、徒に高い順方向電圧（所謂、V_f）が帰結される。例えば、窒化ガリウム（化学式：GaN）に透明窓層としてITOを接合させた構成を具備したGaN系LEDのV_f（順方向電流）は一般値の約2倍の7ボルト（単位：V）を越えるものとなる（Appl. Phys. Lett., 74（26）（1999）、3930～3932頁参照）。これは、低電圧で駆動できる透明導電性窓層を具備した高輝度のGaN系LEDを得る際の妨げとなっている。

【0003】 砒化ガリウム（化学式：GaAs）と略格子整合するリン化アルミニウム・ガリウム・インジウム混晶（ $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ （ $0 \leq x \leq 1$ ）を

発光層とするAlGaInP系LEDでは、ITOからなる透明酸化物窓層の上表面上に唯一、備えられた台座電極から供給される駆動電流を発光部へと効率的に流通させるために、窓層とLED構成層との間にコンタクト（contact）層を配置する構成が知られている（特開平11-17220号参照）。コンタクト層は窓層とLEDを構成する I I I - V 族化合物半導体層とのオーミック（Ohmic）接触性を促進させるために設けられ、GaAs、砒化リン化ガリウム（組成式：GaAs_{1-c}P_c： $0 \leq c \leq 1$ ）等から構成されるものとなっている（上記の特開平11-17220号公報参照）。しかし、従来の I I I - V 族化合物半導体LEDでは、発光波長に対応するよりも禁止帯幅を小とする I I I - V 族化合物半導体からなるコンタクト層が発光領域の表面を被覆して敷設されているため（上記の特開平11-17220号公報参照）、この構成ではコンタクト層に因り発光が吸収され、高輝度の I I I - V 族化合物半導体LEDを得るのに支障となっている。

【0004】 また、特開平11-4020号公報に記載される発明には、上表面に唯一、ボンディング用台座電極が敷設されたITO透明電極層とLED構成層との間に亜鉛（元素記号：Zn）等の金属膜を具備するAlGaInP系LEDが開示されている。この従来技術に依れば、Zn等の金属膜はITO電極層と I I I - V 族化合物半導体構成層との密着性を増強する目的で、発光領域の全面に一樣に万遍なく配置される構成となっている。この様にITO透明電極層の直下に金属材料からなる連続膜を配置する手段では、発光層からの発光が金属材料膜に容赦なく吸収されてしまうため、高輝度のAlGaInP系LEDを得るのに妨げとなる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、発光層からの発光を遮蔽することなく外部に取り出せ、且つ、発光領域に広範に駆動電流を拡散できるオーミック電極を開放発光領域に分散させて配置することにより、外部への発光効率に優れる高輝度の I I I - V 族化合物半導体LEDを提供する。

【0006】

【発明を解決するための手段】 本発明者らは上記課題を解決すべく鋭意努力検討した結果本発明に到達した。即ち本発明は、[1] I I I - V 族化合物半導体層からなる発光部、酸化物からなる窓層、結線用台座電極を備えた I I I - V 族化合物半導体発光ダイオードにおいて、上記発光部と窓層との間に、窓層と接した複数個のオーミック電極を有し、該オーミック電極が発光平面の相対する角部に設置されていることを特徴とする I I I - V 族化合物半導体発光ダイオード、[2] オーミック電極が、発光平面の稜線に接して設けられていることを特徴とする[1]に記載の I I I - V 族化合物半導体発光ダイオード、[3] 各オーミック電極が、台座電極の外端

部からの水平距離を等しくして配置されていることを特徴とする[1]または[2]に記載のIII-V族化合物半導体発光ダイオード、[4]オーミック電極の合計の底面積が、台座電極の底面積以下であることを特徴とする[1]～[3]の何れか1項に記載のIII-V族化合物半導体発光ダイオード、[5]オーミック電極の合計の底面積が、発光開放領域の面積の、2～20%の範囲内であることを特徴とする[1]～[4]の何れか1項に記載のIII-V族化合物半導体発光ダイオード、に関する。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明に係わるIII-V族化合物半導体LEDは、砒化アルミニウム・ガリウム（組成式 $Al_xGa_{1-x}As$ ： $0 \leq X \leq 1$ ）、（ Al_xGa_{1-x} ） $\nu In_{1-\nu}P$ 、及び窒化アルミニウム・ガリウム・インジウム（組成式 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ： $0 \leq X, Y \leq 1, X+Y=1$ ）等からなる結晶層を構成層として構築できる。本発明に係わるLEDの構造上の特徴は、最表層をなすIII-V族化合物半導体構成層に接合させて発光を外部へ効率的に透過するための導電性の酸化層からなる窓層（window層）が敷設されていることにある。窓層と接合をなすIII-V族化合物半導体構成層は例えば、p形或いはn形 $Al_xGa_{1-x}As$ （ $0 \leq X \leq 1$ ）、p形或いはn形（ Al_xGa_{1-x} ） $0.5In_{0.5}P$ （ $0 \leq X \leq 1$ ）、及びp形或いはn形 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ （ $0 \leq X, Y \leq 1, X+Y=1$ ）等から構成できる。n形のIII-V族化合物半導体層は珪素（元素記号：Si）や錫（元素記号：Sn）等の第IV族元素、或いはセレン（元素記号：Se）やテルル（元素記号：Te）などの第VI族元素をドーピングして形成できる。また、p形III-V族化合物半導体層は亜鉛（元素記号：Zn）、マグネシウム（元素記号：Mg）等の第II族元素または炭素（元素記号：C）などをドーピングして形成できる。窓層との接合をなすIII-V族化合物半導体接合層の伝導形を問わないことから、本発明は所謂、nサイドアップ（side-up）型或いはpサイドアップ型に拘わらず応用できる。

【0008】図1は本発明の請求項1に係わる第1の実施形態を概念的に説明するためのIII-V族化合物半導体LED10の平面模式図である。また、図2は、図1に揭示するLED10の破線X-Yに沿った断面模式図である。図2を利用して説明すると、本発明に係わるLED10は、単結晶からなる基板101の表面上にエピタキシャル成長法に依り積層されたIII-V族化合物半導体層からなるn形またはp形クラッド（clad）層104、106と発光層105とのヘテロ（hetero）接合からなる発光部10aと、発光部10a上に冠された導電性の透明酸化層からなる窓層108とを基本的に備えているものである。発光層105と緩衝層102との間には、ブラッグ反射（DBR）103

を挿入した構成としても差し支えない。窓層108の上表面の中央部にはLED駆動電流を供給するための台座電極109が設けられている。また、本発明のLED10に特徴的なのは、窓層108をなす透明酸化層とIII-V族化合物半導体構成層との間にオーミック電極107が設置されていることにある。具体的には、窓層108との接合をなす例えば、上クラッド層106の開放発光領域106aの、LED10の対角線L1、L2上の稜角部C1、C2、C3、C4にオーミック電極107が配置されていることにある。開放発光領域106aとは、発光層105からの発光が台座電極109に遮蔽されることなく外部に取り出せる領域、即ち、素子平面領域から台座電極の領域を除いた部分を云う。

【0009】中央部に台座電極を設けるのが一般的な正形状のIII-V族化合物半導体LEDにあって、LEDの平面形状の中心、即ち台座電極の中心から最遠の位置はLEDの対角線上の稜角部である。換言すれば、LEDの稜角部にオーミック電極を配置する構成とすると、オーミック電極よりIII-V族化合物半導体構成層の台座電極による発光の遮蔽領域109aに流入する動作電流を減少させられる。即ち、発光の開放発光領域106aへ優先的に動作電流を流入させる作用を有し、外部発光効率を向上させて高輝度のIII-V族化合物半導体LEDを得るのに効果を奏する。外部発光効率とはLEDに供給される電力に対する発光出力の比率である。従って、本発明では、LEDの対角線L1、L2上のLEDの稜角部C1～C4にオーミック電極107を設けることとし、台座電極の直下の、発光の遮蔽領域109aで動作電流が浪費されるのを防ぐこととする。

【0010】LEDの稜角部に設けるオーミック電極107の合計の数量は2或いは4であるのが好ましい。開放発光領域106aに於いて対称的な電位分布を創出するために都合が良いからである。対角線上のオーミック電極数が合計2である場合は、同一対角線（L1またはL2）上で台座電極109を挟んで互に対向する位置（図1に例示するLED10にあっては稜角部C1、C3またはC2、C4）に配置するのが好ましい。正方形或いは長方形のLEDにあって4稜角部全てオーミック電極107を設けることもできる。オーミック電極107の平面形状は三角形、四角形、または扇形等とすることができる。台座電極を挟んで対向する稜角部に配置される少なくとも2個のオーミック電極は同一の形状とするのが好ましい。即ち、同一対角線L1、L2上に配置するオーミック電極107は同一形状とするのが好ましい。図1に例示するLED10は両対角線L1、L2上でLED10の4箇所の隅部に同一形状の正方形のオーミック電極107を配置した例を示す。

【0011】本発明の請求項2に記載の発明に係わる第2の実施形態では、オーミック電極107をLED10の外縁部10bに接して設けることとする。外縁部10

bとは、オーミック電極107を敷設するI I I-V族化合物半導体構成層の周囲の稜線である。オーミック電極107の周辺の2辺107a, 107bが外縁部10b(稜線)に接しているのが最も好ましい(図1及び図2参照)。この様にオーミック電極107を外縁部に配置する構成とすれば、オーミック電極107を起点として動作電流をLED10の中心部に向けて開放発光領域106aに一方向的に流入させられると共に、台座電極109の直下の、発光の遮蔽領域109aへの動作電流の流入を抑制できる利点がある。即ち、動作電流を外部へ発光を取り出せることが可能な発光開放領域106aの略全域に優先的に且つ均等に分配できる。従って、外部発光効率に優れる上に、均一な強度の発光を帰結するI I I-V族化合物半導体LEDがもたらされる効果がある。

【0012】特に、本発明の請求項3に記載の第3の実施形態に記す如く、LED10の隅部C1~C4に、台座電極109との水平距離(=d)を等しくしてオーミック電極107を配置する構成とする。水平距離(d)とは、対角線L1、L2上に於ける台座電極109の外縁部と対向するオーミック電極107の外縁部との間隔である。水平距離dを極端に小とすると動作電流が台座電極109の直下の、発光の遮蔽領域に回り込む度合いが増え、外部発光率を向上させるのに不都合となる。正方形の形状の一般的なLEDにあって、望ましい水平距離dはLEDチップサイズの約1/3以上で、より望ましくは、約1/2以上である。この様に電極を配置することにより、オーミック電極107を起点として発生する開放発光領域106aに於ける電位分布を対称とすることができ、従って、開放発光領域106aに於いて均一な強度の発光を得るのに効果が上げられる。また、開放発光領域面内に於ける発光の強度の均一化が促進される。例えば、酸化インジウム・錫複合酸化物(英略称:ITO)窓層上に単に台座電極のみを敷設してなる従来のAlGaInP系LEDに於いては、ITO層とI I I-V族化合物半導体構成層との間の接合障壁の高さから動作電流の拡散が十分に果たせず、台座電極の周辺(台座電極の射影領域の周辺)の限定された領域に発光が集中する。これに対し、本発明に係わるAlGaInP系LEDでは、LEDの外縁部のオーミック電極から開放発光領域に均等に動作電流を供給できる構成としたので、開放発光領域の略全域から均一な強度の発光が得られる。発光の強度の、分布の均一性は例えば、発光パターンの近視野像を撮像すれば簡便にわかる。

【0013】電界強度分布の均一化が達成された開放発光領域106aに於いては、開放発光領域106aの平面積が減少するに伴い、発光強度は顕著に減少する。順方向電流を20ミリアンペア(mA)に設定し、オーミック電極の合計の底面積と、台座電極の底面積との関係を調べた結果、オーミック電極の合計の底面積を台座電

極の底面積以下とすると、発光強度に優れるI I I-V族化合物半導体LEDが構成できることが明らかになった。

【0014】従って、本発明の請求項4に記載の発明に係わる第4の実施形態では、LED10の隅部C1~C4に配置する複数のオーミック電極107の、合計の底面積を台座電極109の底面積以下とする。

【0015】開放発光領域106a(上部クラッド層106の表面積から台座電極109の底面積のみを差し引いた表面積)に対する、開放発光領域からオーミック電極の全底面積を引いた面積の比率を相対表面積比(これをRAとすると、 $0 \leq RA < 1$)とし、RAと発光の相対強度(RI)との関係を調べたところ、RAを0.8以上に大とすると更に高強度の発光が帰結される結果が得られた。換言すれば、開放発光領域106aに占めるオーミック電極107の合計の底面積を20%以下に制限することにより高発光強度が得られることを示している。I I I-V族化合物半導体構成層の隅部C1~C4にオーミック電極を設けなければ開放発光領域106aの面積は拡大され、理論上は高い発光強度が得られることとなる。しかし、この様な状況では実際には、開放発光領域106aへの動作電流の十分な拡散は達成できず、即ち、 $RA=1$ とすることはできない。動作電流を十分に拡散でき、尚且つ、Vfの上昇を抑制して高発光強度を得るには、オーミック電極の合計の底面積を開放発光領域の表面積に比して望ましくは2%以上とし、更には、3%以上とすると好結果が得られる。RAにすれば0.98以下とするのが望ましく、更には、0.97以下とするのが好適である。故に本発明の請求項5に記載の発明に係わる第5の実施形態では、複数のオーミック電極の、合計の底面積をI I I-V族化合物半導体構成層の開放発光領域の、表面積の2%以上で20%以下、より好ましくは、3%以上で20%以下とする。

【0016】本発明に係わるI I I-V族化合物半導体LEDを得るには先ず、外縁部にオーミック電極が設けられているI I I-V族化合物半導体構成層の表面上に、透明で導電性の酸化層からなる窓層を冠する。窓層はITO、I I I族元素をドーピングした酸化亜鉛(ZnO)などから構成できる。次に、一般的な真空蒸着法等の薄膜形成手段とフォトリソグラフィ(写真食刻)法等の薄膜加工技術とを併用して透明酸化層窓層上に台座(pad)電極を形成する。本発明に係わるLEDでは、台座電極の直下の領域では、酸化層とI I I-V族化合物半導体構成層との直接接合が形成されている。酸化層とI I I-V族化合物半導体構成層との間の接合障壁は比較的高く、従って、台座電極直下の領域への動作電流の流入を抑制するに効果が挙げられる。次に、台座電極とは反対の極性のオーミック電極を形成する。基板結晶が導電性結晶であれば、基板の裏面に一方のオーミック電極を設けることができる。

【0017】

【実施例】（実施例1）以下本発明を、実施例を基に詳細に説明する。図3に本実施例に係わるAlGaInP系LED20の平面模式図を示す。また、図4は図3に示すLED20の破線A-A'に沿った断面模式図である。

【0018】LED20は、直径約50mmの亜鉛（Zn）ドープp形（001）-GaAs単結晶円形基板201上に順次、積層されたZnドープp形GaAs緩衝層202、何れもZnをドーピングしたp形Al_{0.40}Ga_{0.60}As層とp形Al_{0.95}Ga_{0.05}As層とを交互に10層積層した周期構造からなるブラッグ反射（DBR）層203、Znドープp形（Al_{0.7}Ga_{0.3}）_{0.5}In_{0.5}Pから成る下部クラッド層204、アンドープのn形（Al_{0.2}Ga_{0.8}）_{0.5}In_{0.5}P混晶から成る発光層205、及びSiドープn形（Al_{0.7}Ga_{0.3}）_{0.5}In_{0.5}Pから成る上部クラッド層206から構成されるエピタキシャル積層構造体（ウェハ）2Aを母体材料として構成した。

【0019】積層構造体2Aを構成する各構成層202～206はトリメチルアルミニウム（（CH₃）₃Al）、トリメチルガリウム（（CH₃）₃Ga）及びトリメチルインジウム（（CH₃）₃In）をIII族構成元素の原料とする減圧MOCVD法により成膜した。亜鉛（Zn）のドーピング源にはジエチル亜鉛（（C₂H₅）₂Zn）を利用した。珪素（Si）のドーパント源にはジシラン（Si₂H₆）を使用した。各構成層202～206の成膜温度は730℃に統一した。緩衝層202のキャリア濃度は約5×10¹⁸cm⁻³に、また、層厚は約1μmとした。DBR層203をなすn形Al_{0.40}Ga_{0.60}As層とn形Al_{0.95}Ga_{0.05}As層の層厚は各々、約40nmとした。キャリア濃度は各々、約1×10¹⁸cm⁻³とした。下部クラッド層204のキャリア濃度は約3×10¹⁸cm⁻³に、また、層厚は約1.5μmとした。発光層205の層厚は約15nmとし、キャリア濃度は約5×10¹⁶cm⁻³とした。上部クラッド層206のキャリア濃度は約2×10¹⁸cm⁻³とし、また、層厚は約5μmとした。

【0020】上部クラッド層206の表面の全面に、一般的な真空蒸着法により膜厚を約50nmとする金・ゲルマニウム合金（Au95重量%-Ge5重量%合金）膜を被着させた。続けて、膜厚を約50nmとする金（Au）被膜を上記のAu-Ge合金膜の表面上に被着させた。次に、一般的なフォトリソグラフィー手段を利用してAu-Ge/Au重層膜にパターニングを施し、斜辺207a、207bの長さを約30μmとする二等辺三角形のオーミック電極207を後述するLED20の両対角線L1、L2上の4箇所の隅部に形成した。オーミック電極207の両斜辺はLEDの外縁20bとの間に距離を設けず、外縁20bに接して設けた（図3

参照）。対角線L1、L2上での二等辺三角形の、4個のオーミック電極207の底辺207cと台座電極209の外周との水平距離（=d）は約130μmと同一とした。次に、パターニングされた複数のオーミック電極207を上部クラッド層206の表面上に残置させたまま、アルゴン（元素記号：Ar）気流中に於いて420℃で10分間の合金化熱処理を施した。

【0021】次に、オーミック電極207を配置した上部クラッド層206の表面上に、一般のマグネトロンスパッタリング法により透明窓層208とする酸化インジウム・錫（ITO）複合酸化膜膜を被着させた。ITO層の比抵抗は約5×10⁻⁴Ω・cmであり、層厚は約600nmとした。次に、窓層208上の全面に一般的な有機フォトレジスト材料を塗布した後、台座電極209を設けるべき領域を、公知のフォトリソグラフィー技術を利用してパターニングした。然る後、パターニングされたレジスト材料を残置させたまま、全面に金（Au）膜を真空蒸着法により被着させた。金（Au）膜の厚さは約700nmとした。その後、周知のリフトオフ（lift-off）手段に依り、レジスト材料を剥離するに併せて台座電極209の形成予定領域に限定してAu膜を残留させた。これより、直径を約120μmとする円形の台座電極209を形成した。台座電極209の底面積は約1.1×10⁻⁴cm²となった。また上記の二等辺三角形の、オーミック電極207の合計の底面積は1.8×10⁻⁶cm²となった。

【0022】p形GaAs単結晶基板201の裏面に金・亜鉛（Au・Zn）合金からなるp形オーミック電極210を形成した後、通常のスクライブ法により積層構造体（ウェハ）2Aを裁断して個別に細分化し、LEDチップ20となした。チップ（個別素子）20は一辺の長さを300μmとする正方形とした（面積=9.8×10⁻⁴cm²）。上記の如くの台座電極209の底面積を差し引いた開放発光領域206aの面積は8.7×10⁻⁴cm²となった。従って、開放発光領域106aの表面積に占めるオーミック電極207の、合計の底面積の比率は約2.1%となった。

【0023】p形オーミック電極210及び台座電極209間に順方向に電流を流通したところ、開放発光領域206aから波長を約621nmとする赤橙色が出射された。発光スペクトルの半値幅は約20nmであり、単色性に優れる発光であった。20ミリアンペア（mA）の電流を流通した際の順方向電圧（Vf：@20mA）は、開放発光領域106aに於いてオーミック電極207の占有する底面積の比率を本発明に規定される範囲内としたことを反映して約2.1ボルト（V）となった。また、LEDの4隅部にオーミック電極207を配置した構成に依り、開放発光領域206aの略全領域に於いて発光が認められた。近視野発光パターンから調べた開放発光面206aに於ける発光強度の分布は、オーミッ

ク電極207を外縁部へ配置したことにより均等となった。視感度補正をした状態で簡易的に測定される発光の強度は約72ミリカンデラ(mcd)であった。また、一般の積分球を利用して測定される発光出力は1.03ミリワット(mW)に達し、高強度のAlGaInP系LEDが提供された。

【0024】(実施例2)本実施例では、III-V族化合物半導体LEDとして、窒化ガリウム・インジウム(GaInN)系LEDを構成する場合を例にして本発明を具体的に説明する。図5にGaInN系LED30の平面模式図を示す。図6には、図5のLED30の破線B-B'に沿った断面模式図を示す。

【0025】リン(元素記号:P)ドーブn形(001)珪素(Si)単結晶円形基板301上に順次、積層したアンドーブn形リン化硼素(BP)低温緩衝層302、珪素(Si)ドーブn形BP高温緩衝層303、Siをドーピングしたn形GaNからなる下部クラッド層304、平均的なインジウム(In)組成比を0.10とし、インジウム組成を互いに相違する複数の相(phase)からなる多相構造のn形Ga_{0.90}In_{0.10}N発光層305、アルミニウム(Al)組成比(=X)を発光層305との接合界面で0.15とし、層厚の増加方向に漸次、減少させて表面で0としたマグネシウム(Mg)ドーブp形Al_{1-x}Ga_{1-x}N(X=0.15→0)からなる上部クラッド層306をGaN系LED30用途の積層構造体3Aを形成した。BP緩衝層302、303は三塩化硼素(化学式:BCl₃)及び三塩化リン(PCl₃)を原料とするハロゲン気相成長(VPE)法により成膜した。BP低温緩衝層302は400℃で成膜し、層厚は約10nmとした。BP高温緩衝層303は1000℃で成膜し、層厚は約0.5μmとした。キャリア濃度は約3×10¹⁸cm⁻³とした。

【0026】積層構造体3Aを構成するその他の各構成層303~306はトリメチルアルミニウム((CH₃)₃Al)、トリメチルガリウム((CH₃)₃Ga)及びトリメチルインジウム((CH₃)₃In)をIII族構成元素の原料とし、アンモニア(NH₃)をV族原料とする常圧MOCVD法により成膜した。マグネシウム(Mg)のドーピング源にはビスシクロペンタジエニルマグネシウム(bis-(C₅H₅)₂Mg)を利用した。Siのドーパント源にはジシラン(Si₂H₆)を使用した。各構成層303~306の成膜温度は1000℃に統一した。下部クラッド層304のキャリア濃度は約2×10¹⁸cm⁻³に、また、層厚は約3μmとした。発光層305の層厚は約50nmとし、キャリア濃度は約1×10¹⁷cm⁻³とした。Al_{1-x}Ga_{1-x}N組成勾配層からなる上部クラッド層306のキャリア濃度はアルミニウム組成比に拘わらず約4×10¹⁷cm⁻³とし、また、層厚は約80nmとした。Al_{1-x}Ga_{1-x}N組成勾配層の表面はGaN層とした。

【0027】上部クラッド層306の表面の全面に、一般的な真空蒸着法により膜厚を約100nmとする金(Au)膜を被着させた。次に、一般的なフォトリソグラフィー手段を利用して、Au膜を図5に示す如くの扇形状(1/4円形状)にパターンニングして、オーミック電極307を構成した。オーミック電極307はLED30の対角線L1、L2上の4隅部に、台座電極109を挟んで円弧部を対向させて設置した(図5参照)。扇形状のオーミック電極307の半径は50μmとした。円弧部307cを挟む扇形電極307の半径部307a、307bはLED30の外縁部30bに接して設けた。対角線L1、L2上に於ける台座電極109とオーミック電極307との外縁部との間隔(=d)は約79μmに統一した。

【0028】次に、p形上部クラッド層306上にオーミック電極307を残置させたままで、一般のマグネトロンスパッタリング法により透明窓層308とする酸化インジウム・錫(ITO)複合酸化膜を被着させた。ITO層は300℃で成膜した。ITO層の比抵抗は約4×10⁻⁴Ω・cmであり、層厚は約450nmとした。一般的なX線回折分析法に依り、ITO膜は<001>方向に優先的に配向した多結晶膜であるのが示された。

【0029】次に、窓層308の全面に、一般的な有機フォトレジスト材料を塗布した後、台座電極309を設けるべき領域を、公知のフォトリソグラフィー技術を利用してパターンニングした。然る後、パターンニングされたレジスト材料を残置させたままで、全面にチタン(Ti)膜及び金(Au)膜を電子ビーム真空蒸着法により連続して被着させた。Ti膜及びAu膜の厚さ各々、約500nmとした。その後、レジスト材料を剥離するに併せて、周知のリフトオフ(lift-off)手段に依り台座電極309の形成予定領域に限定してTi/Au重層膜を残置させた。これより、直径を約110μmとする円形の台座電極309を形成した。台座電極309の平面積は約0.95×10⁻⁴cm²となった。一方、オーミック電極307の合計の底面積は約0.79×10⁻⁴cm²となった。また、GaN系LED30の正方形チップ(chip)のサイズを260μmとしたことから、上部クラッド層306表面上の開放発光領域306aの表面積は約5.8×10⁻⁴cm²となった。従って、開放発光領域306aの表面積に占めるオーミック電極307の底面積の割合は約13.6%となった。

【0030】n形Si単結晶基板301の裏面にアルミニウム・アンチモン(Al・Sb)合金からなるn形オーミック電極310を形成した後、通常のスクライブ法により積層構造体(ウェハ)3Aを裁断して個別に細分化し、LEDチップ30となした。チップ(個別素子)30は一辺を260μmとする正方形とした。n形オーミック電極310及び台座電極309との間に順方向に

電流を流通したところ、開放発光領域 306a を通して、波長を約 450 nm とする青色光が射出された。オーミック電極 307 を対角線 L1、L2 上の 4 隅部に配置した効果に依り、チップ 30 の周縁部 30b より開放発光領域 306a の略全域に亘り略一様な強度発光が認められた。チップ状態で測定した発光の強度は約 1.2 カンデラ (cd) であった。20 ミリアンペア (mA) の電流を流通した際の順方向電圧 (V_f : @20 mA) は、開放発光領域 306a の表面積に対してオーミック電極 307 が占有する底面積の比率を本発明に記載の如くの規定された範囲としたために約 3.2 ボルト (V) の低きとなった。

【0031】

【発明の効果】本発明の請求項 1 に記載の発明に依れば、オーミック電極を LED の対角線上の隅部に設ける構成としたので、開放発光領域の周縁の隅部から台座電極の中央部に向けて動作電流を分配、拡散させる構成となり、開放発光領域に優先的に動作電流を分配できるため、高強度の発光をもたらす III-V 族化合物半導体 LED が提供できる。

【0032】また、本発明の請求項 2 に記載の発明に依れば、オーミック電極を LED の外縁部に稜線に接して設けられることとしたので、LED の外縁部より開放発光領域の中央部に向けて電界分布を発生させることができるため、特に外部発光効率に優れる高強度の発光をもたらす III-V 族化合物半導体 LED が提供できる。

【0033】また、本発明の請求項 3 に記載の発明に依れば、各オーミック電極を台座電極の外端部からの等しい水平距離をもって配置することとしたので、特に、開放発光領域に於ける均等な電界強度分布を構築できるため、発光強度分布を均一とする III-V 族化合物半導体発光 LED が提供できる。

【0034】また、本発明の請求項 4 に記載の発明に依れば、複数のオーミック電極の、合計の底面積を台座電極の底面積以下とする構成としたので、開放発光領域の表面積の徒な低減が抑制されるため、高発光強度の III-V 族化合物半導体発光 LED が提供できる。

【0035】また、本発明の請求項 5 に記載の発明に依れば、複数のオーミック電極の、合計の底面積を III-V 族化合物半導体構成層の発光開放領域の表面積の 2% 以上で 20% 以下である様に規制することとしたので、特に、高発光強度の III-V 族化合物半導体発光 LED が提供できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係わる LED の平面構造を示す平面模式図である。

【図 2】図 1 に示す LED の破線 X-Y に沿った断面模式図である。

【図 3】実施例 1 に記載の AlGaInP 系 LED の平面模式図である。

【図 4】図 3 に示す LED の破線 A-A' に沿った断面模式図である。

【図 5】実施例 2 に記載の GaN 系 LED の平面模式図である。

【図 6】図 5 に示す LED の破線 B-B' に沿った断面模式図である。

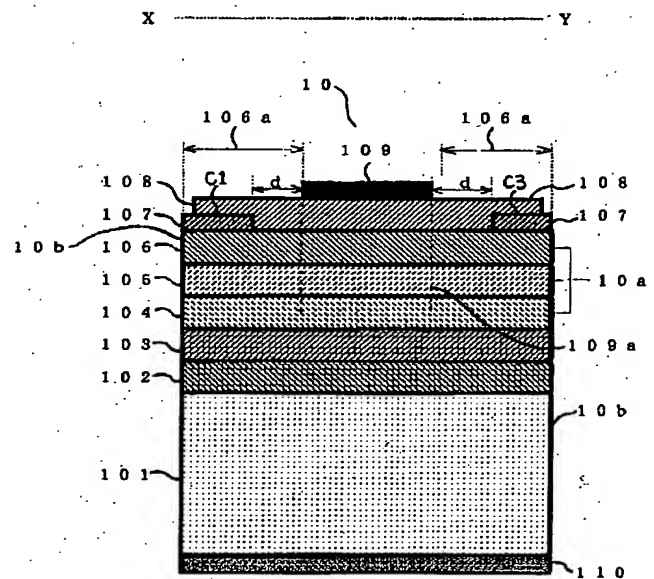
【符号の説明】

	1 0	I I I - V 族化合物半導体 L E D
	1 0 a	p n 接合型ダブルヘテロ接合発光部
10	1 0 b	L E D チップの外縁
	1 0 1	単結晶基板
	1 0 2	緩衝層
	1 0 3	ブラッグ反射層
	1 0 4	下部クラッド層
	1 0 5	発光層
	1 0 6	上部クラッド層
	1 0 6 a	開放発光領域
	1 0 7	オーミック電極
	1 0 7 a	オーミック電極の周縁
20	1 0 7 b	オーミック電極の周縁
	1 0 8	窓層
	1 0 9	台座電極
	1 0 9 a	台座電極の射影領域
	1 1 0	オーミック電極
	C 1	L E D (チップ) の稜角 (隅) 部
	C 2	L E D (チップ) の稜角 (隅) 部
	C 3	L E D (チップ) の稜角 (隅) 部
	C 4	L E D (チップ) の稜角 (隅) 部
	d	台座電極の外周部とオーミック電極との間の
30	水平距離	
	L 1	L E D チップの対角線・
	L 2	L E D チップの対角線
	2 A	A l G a I n P 系積層構造体
	2 0	A l G a I n P 系 L E D
	2 0 b	L E D チップの外縁
	2 0 1	p 形 G a A s 単結晶基板
	2 0 2	p 形 G a A s 緩衝層
	2 0 3	ブラッグ反射層
	2 0 4	A l G a I n P 系下部クラッド層
40	2 0 5	A l G a I n P 系発光層
	2 0 6	A l G a I n P 系上部クラッド層
	2 0 6 a	開放発光領域
	2 0 7	二等辺三角形形状オーミック電極
	2 0 7 a	オーミック電極の斜辺 (等辺) 部
	2 0 7 b	オーミック電極の斜辺 (等辺) 部
	2 0 7 c	オーミック電極の底辺部
	2 0 8	導電性透明酸化化物窓層
	2 0 9	台座電極
	2 0 9 a	台座電極の射影領域
50	2 1 0	p 形オーミック電極

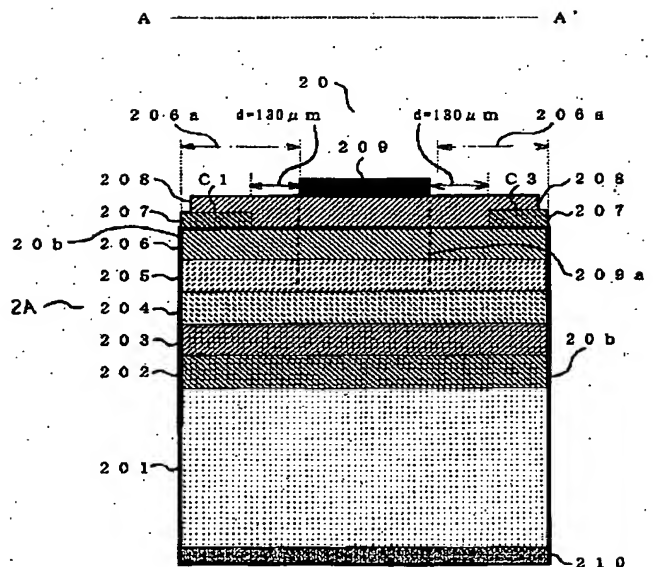
14

- | | |
|---------|---------------|
| 3 0 7 | 扇状オーミック電極 |
| 3 0 7 a | 扇状オーミック電極の半径部 |
| 3 0 7 b | 扇状オーミック電極の半径部 |
| 3 0 7 c | 扇状オーミック電極の円弧部 |
| 3 0 8 | 導電性透明酸化化合物窓層 |
| 3 0 9 | 台座電極 |
| 3 0 9 a | 台座電極の射影領域 |
| 3 1 0 | n形オーミック電極 |

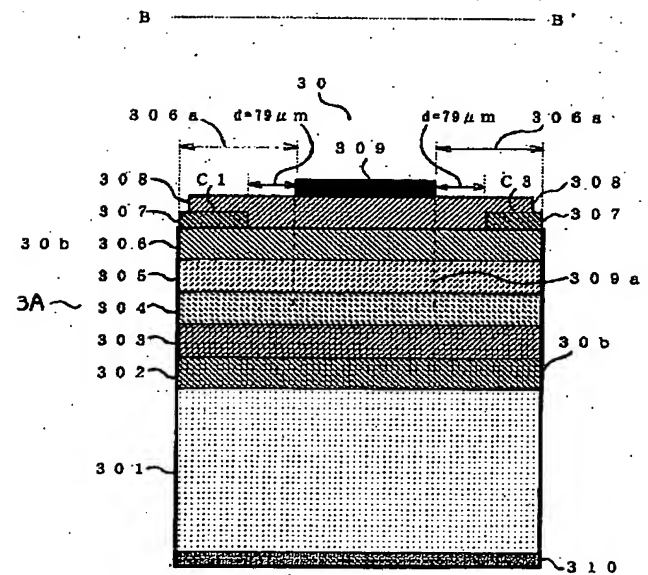
【図 2】



【図 4】



【図 6】



(72)発明者 宇田川 隆
埼玉県秩父市下影森1505番地 昭和電工株
式会社総合研究所秩父研究室内

-9-